



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN
Y SERVICIO EN ZOOTECNIA**

**POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL
SUPLEMENTACIÓN CON EXTRACTO DE TÉ VERDE EN CONEJOS
REPRODUCTORES Y DESARROLLO DE VESÍCULAS UTERINAS A
DIFERENTES ESTADIOS DE GESTACIÓN**

TESIS

Que como requisito parcial
para obtener el grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

Presenta:

ROSARIO CONTRERAS MENDEZ

Bajo la supervisión de: **Raymundo Rodríguez de Lara, Ph.D.**



Chapingo, Estado de México, junio de 2025



**SUPLEMENTACIÓN CON EXTRACTO DE TÉ VERDE EN CONEJOS
REPRODUCTORES Y DESARROLLO DE VESÍCULAS UTERINAS A
DIFERENTES ESTADIOS DE GESTACIÓN**

Tesis realizada por **ROSARIO CONTRERAS MÉNDEZ**, bajo la supervisión del
Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito
parcial para obtener el grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

DIRECTOR:



Dr. Raymundo Rodríguez de Lara

ASESOR:



Dra. Marianella Fallas López

ASESOR:



Dr. Rodolfo Ramírez Valverde

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DATOS BIOGRÁFICOS.....	viii
RESUMEN GENERAL	ix
Abstract.....	ix
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Anatomía y fisiología del útero en conejas	4
2.2. Vesículas uterinas: definición y función.....	4
2.3. Técnicas de evaluación con ultrasonido	6
2.3.1. Principios del ultrasonido	6
2.3.2. Ecogenicidad	7
2.3.3. Tipos de transductores	7
2.3.4. Ultrasonografía de vesículas embrionarias.....	8
2.4. Propiedades del té verde.....	9
2.4.1. Composición química del té verde	9
2.4.2. Efectos antioxidantes y antiinflamatorios	10
2.4.3. Estrés	11

2.4.4. Estrés en la gestación	11
2.4.5. Estudios previos sobre el uso de té verde en animales	12
2.4.6. Suplementación con antioxidantes durante la gestación	13
2.5. Literatura citada.....	14
3. SUPLEMENTACIÓN CON EXTRACTO DE TÉ VERDE EN CONEJOS REPRODUCTORES Y DESARROLLO DE VESÍCULAS UTERINAS EN DIFERENTES ESTADIOS DE GESTACIÓN	19
RESUMEN	19
3.1. Introducción.....	21
3.2. Materiales y métodos	21
3.2.1. Animales, tratamientos y diseño experimental	21
3.2.2. Medio ambiente e instalaciones.....	22
3.2.3. Manejo alimenticio	23
3.2.4. Manejo sanitario.....	23
3.2.5. Manejo reproductivo	24
3.2.6. Manejo y administración de extractos de té verde	24
3.2.7. Procedimientos de manipulación y ultrasonografía en tiempo real	25
3.2.8. Variables de respuesta.....	25
3.2.9. Análisis estadísticos	26
3.3. Resultados y discusión.....	27
3.4. Conclusión.....	40
3.5. Literatura citada.....	41

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Medias de cuadrados mínimos ($\pm$ error estándar) para el efecto de 28	
Cuadro 2 Estadísticos descriptivos y coeficientes de variación para pesos de la	
coneja y dimensiones de las vesículas uterinas en conejas Nueva Zelanda	
Blanco.....	29
Cuadro 3 Medias de cuadrados mínimos ($\pm$ error estándar) para los efectos de	
tipo de suplementación en reproductores, días de gestación e interacción entre	
tipo de suplementación en hembras y tipo de suplementación en machos en las	
características morfométricas de las vesículas uterinas en conejas Nueva	
Zelanda Blanco.....	30
Cuadro 4 Incrementos promedios totales, diarios y porcentuales en las	
dimensiones morfométricas de vesículas uterinas de conejas reproductoras entre	
intervalos de días de gestación.....	32

DEDICATORIA

Para Ricardo Contreras Trujano,

para Ernesto Rodríguez Contreras,

para Iván Sala,

para Fabricio Contreras Méndez,

para Mauricio Contreras Méndez.

AGRADECIMIENTO

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo brindado durante mis estudios.

A la Universidad Autónoma Chapingo, al Departamento de Zootecnia y al Posgrado en Producción Animal por acogerme en sus instalaciones.

A “Conejos” Centro de Investigación Científica del Estado de México A.C (COCICEMAC), por brindarme el espacio para mi fase experimental.

Al Ph. D. Raymundo Rodríguez Lara, por su amistad, apoyo y dirección de tesis.

A la Dra. Marianella Fallas López, por su amistad y apoyo en esta tesis.

DATOS BIOGRÁFICOS



DATOS PERSONALES

Nombre: Rosario Contreras Méndez

Fecha de nacimiento: 30 de abril de 1983

Lugar de nacimiento: Texcoco, Estado de México

Profesión: Médico Veterinario Zootecnista

Cédula profesional: 12356459

FORMACIÓN ACADÉMICA

1998-2001 Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo.

2014-2018 Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Baja California.

2022-2025 Posgrado en Producción Animal, Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo

RESUMEN GENERAL

Suplementación con extracto de Té verde en conejos reproductores y desarrollo de vesículas uterinas en diferentes estadios de gestación

Resumen

La cunicultura es una actividad eficiente y adaptable que proporciona carne magra y saludable. El uso de biotecnologías reproductivas como la inseminación artificial y manejos semi-intensivos permite aumentar la productividad mediante múltiples camadas anuales. Sin embargo, estos sistemas pueden inducir estrés metabólico en las conejas, afectando su rendimiento reproductivo. Una nutrición adecuada, buenas condiciones ambientales y la suplementación con antioxidantes pueden mitigar estos efectos. El estudio evaluó los efectos de la suplementación con extracto de té verde rico en polifenoles sobre el desarrollo de vesículas uterinas en conejas gestantes. Ochenta conejas de la raza Nueva Zelanda Blanco fueron asignadas aleatoriamente a cuatro tratamientos experimentales que variaban según la suplementación de té verde en hembras y/o machos. La dosis administrada fue de 75 mg/kg de peso vivo, diluida en agua y ofrecida cinco días por semana. Solo las conejas que completaron dos partos ($n=39$), distribuidas entre los tratamientos. Se midieron los diámetros, volúmenes y áreas de las vesículas uterinas a los 14, 17 y 21 días de gestación. Los resultados mostraron una interacción significativa ($p<0.001$) entre la suplementación en hembras y machos, observándose un mayor desarrollo de las vesículas en el tratamiento donde ambos sexos fueron suplementados. En comparación con los demás tratamientos, este grupo presentó mejores parámetros reproductivos. Se concluye que la suplementación con extracto de té verde, especialmente cuando se administra en ambos progenitores, mejora significativamente el desarrollo de vesículas uterinas durante la gestación y la eficiencia reproductiva en sistemas de inseminación

Palabras clave: Extracto de té verde, vesículas uterinas, comportamiento reproductivo, conejos.¹

Abstract

Rabbit farming is an efficient and adaptable activity that provides lean and healthy meat. Using reproductive biotechnologies, such as artificial insemination and semi-intensive management practices, increases productivity by enabling multiple litters annually. However, these systems may induce metabolic stress in does, negatively affecting their reproductive performance. Proper nutrition, adequate environmental conditions, and antioxidant supplementation can help mitigate these effects. This study used real-time ultrasonography to evaluate the effects of green tea extract supplementation, which is rich in polyphenols, on uterine vesicles development in pregnant does. Eighty New Zealand White does were randomly assigned to four experimental treatments varying in green tea supplementation for females and/or males. The administered dose was 75 mg/kg of body weight, diluted in water and offered five days per week. Only two parturitions ($n=39$) of does were included in the evaluation and distributed among the treatments. Diameters, volumes, and areas of uterine vesicles were measured at 14, 17, and 21 days of gestation. The results showed a significant interaction ($p<0.001$) between female and male supplementation, with greater vesicle development observed in the group where both sexes received supplementation. This group also exhibited improved reproductive parameters compared to the others. In conclusion, green tea extract supplementation, particularly when administered to both parents, significantly enhances uterine vesicle development during gestation and improves reproductive efficiency in artificial insemination systems.

Keywords: Green tea extract, uterine vesicles, reproductive behavior, rabbits

¹ Tesis de Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Rosario Contreras Méndez

Director: Ph. D Raymundo Rodríguez de Lara

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

La producción de conejos es una actividad agropecuaria caracterizada por su alta eficiencia reproductiva y su capacidad para adaptarse a diversas condiciones ambientales. Los conejos son una fuente valiosa de proteína animal, y su carne es apreciada por su bajo contenido en grasa y colesterol, lo que la convierte en una opción saludable para los consumidores (Cabrera et al., 2006). La implementación de biotecnologías reproductivas, como la inseminación artificial, ha permitido mejorar la eficiencia reproductiva y la calidad genética de los conejos, aumentando así la productividad (INIA, 2014).

En los sistemas de producción cunícola, se combinan prácticas de manejo semi-intensivo para maximizar la eficiencia reproductiva y el bienestar animal. En estos sistemas, las conejas reproductoras suelen ser inseminadas o montadas entre 10 y 12 días después del parto (Vicente et al., 2014). Esta estrategia de manejo permite obtener entre 6 y 10 camadas al año, dependiendo de las condiciones específicas de manejo y la salud de las conejas (Cruz-Bacab et al., 2018). Además, se utilizan bioestímulos como el fotoperiodo y la separación madre-camada, para mejorar la receptividad de las hembras y optimizar los ciclos reproductivos (Conejo, 2021). La implementación de técnicas de manejo adecuadas y el uso eficiente de los recursos disponibles son esenciales para incrementar la productividad y la competitividad en las granjas de conejos (INIA, 2014).

El estrés metabólico en conejas manejadas en sistemas semi-intensivos es un factor crítico que puede afectar su salud y rendimiento reproductivo. Este tipo de estrés se produce debido a la alta demanda energética y nutricional impuesta por la frecuencia de partos y la lactancia simultánea, lo que puede llevar a un desequilibrio entre la ingesta de nutrientes y las necesidades metabólicas (Vicente et al., 2014). Las conejas en estos sistemas requieren una dieta equilibrada y rica en nutrientes para mantener su condición corporal y asegurar la viabilidad de las camadas (Cruz-Bacab et al., 2018). Además, el manejo ambiental, como la temperatura y la ventilación, juega un papel crucial en la

mitigación del estrés metabólico, ya que condiciones sub-óptimas pueden exacerbar el desgaste físico y reducir la eficiencia reproductiva (Conejo, 2021). La implementación de prácticas de manejo adecuadas y la suplementación con antioxidantes pueden ayudar a reducir el impacto del estrés metabólico, y mejorar el bienestar y la productividad de los conejos en sistemas semi-intensivos (Hernández, 2024).

En la presente tesis, se presentan resultados de un estudio realizado con el objetivo de evaluar el efecto de la suplementación con extractos de té verde altos en polifenoles, tanto en hembras como en machos, sobre las características morfométricas de vesículas intrauterinas a los 14, 17 y 21 días de gestación, utilizando ultrasonografía en tiempo real. Se plantea la hipótesis de que la suplementación con extractos de té verde en conejos reproductores mejora el desarrollo de vesículas uterinas durante la gestación.

Literatura citada

- Cabrera, C., Artacho, R., & Giménez, R. (2006). Beneficial effects of green tea—A review. *Journal of the American College of Nutrition*, 25(2), 79-99. <https://doi.org/10.1080/07315724.2006.10719518>
- Conejo S., J. E. (2021). *Implementación de un nuevo ritmo reproductivo en conejas bajo un sistema de producción semi-intensivo en la unidad agro ambiental El Tíbar*. (Tesis Profesional, Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá, Colombia). Repositorio Universidad de Cundinamarca.
- Cruz-Bacab, L. E., Ramírez-Vera, S., Vázquez-García, M. C., & Zapata-Campos, C. C. (2018). Reproducción de conejos bajo condiciones tropicales, efectos negativos y posibles soluciones. *Cuadernos de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales*, 13(1), 135-150.
- Hernández V., L. M. (2024). Uso de β -caroteno y quercetina en conejos machos bajo estrés calórico (Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México). Consultada en: repositorio.chapingo.edu.mx
- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria). (2014). *Tecnología de producción de conejos para carne: técnicas y manejo reproductivo del conejo* [Manual Técnico N.º 216]. INIA, Uruguay. Consultada en: https://www.academia.edu/49880640/Tecnolog%C3%AD_a_de_producci%C3%B3n_de_conejos_para_carne

Vicente, J. S., Lavara, R., Viudes C., M. P., & Marco-Jiménez, F. (2014). Técnicas y manejo reproductivo del conejo. En G. Capra & O. Blumetto (Eds.), Tecnología de producción de conejos para carne (Serie Técnica N.º 216, pp. 47–61). Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). https://www.academia.edu/49880640/Tecnolog%C3%ADa_de_producci%C3%B3n_de_conejos_para_carne

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Anatomía y fisiología del útero en conejas

El útero de las conejas es bicornes, lo que significa que está dividido en dos cuernos uterinos separados que se conectan a la vagina a través de dos cérvix independientes. Esta estructura permite que las conejas puedan gestar múltiples camadas simultáneamente en cada cuerno uterino, lo que es una adaptación evolutiva para maximizar la reproducción (Vicente et al., 2014). La pared uterina está compuesta por tres capas principales: el endometrio, el miometrio y el perimetrio. El endometrio es la capa interna que se engrosa durante el ciclo reproductivo para preparar al útero para la implantación de los embriones (Contera, 2006). El miometrio, la capa media, está formado por músculo liso que se contrae durante el parto para ayudar a expulsar a los gazapos (Zárate, 2006).

Fisiológicamente, el útero de las conejas responde a las hormonas reproductivas de manera similar a otros mamíferos. La ovulación en las conejas es inducida por el coito, lo que significa que la liberación de óvulos ocurre como respuesta al apareamiento (Contera, 2006). Después de la ovulación, los óvulos fecundados se desplazan hacia el útero, donde se implantan en el endometrio engrosado. La gestación dura de 31 a 32 días, durante los cuales el útero proporciona un ambiente nutritivo y protegido para el desarrollo de los embriones (Morisse & Meurice, 2006). Además, el útero de las conejas tiene una alta capacidad de regeneración, lo que permite a las conejas quedar preñadas nuevamente poco después del parto, facilitando así una alta tasa de reproducción (Gallouhin, 1981).

2.2. Vesículas uterinas: definición y función

Las vesículas uterinas son estructuras membranosas presentes en el útero de los mamíferos, incluidas las conejas. Estas vesículas juegan un papel esencial en la comunicación celular y en la regulación del ambiente uterino durante el ciclo reproductivo. Están compuestas por una membrana lipídica que encapsula

proteínas, lípidos y ácidos nucleicos provenientes de la célula de origen (Alvarado-Ocampo et al., 2023). La secreción de estas vesículas se produce en respuesta a estímulos hormonales y ambientales, y su composición puede variar según el estado fisiológico del útero (Novoa-Herrán, 2021). Además, las vesículas uterinas están involucradas en la preparación del endometrio para la implantación de los embriones, transportando moléculas señalizadoras que facilitan la comunicación entre las células del endometrio y los embriones en desarrollo; las vesículas uterinas además contienen factores de crecimiento y enzimas que modulan la remodelación del tejido endometrial, lo cual es crucial para la correcta implantación y desarrollo embrionario (Retana-Moreira et al., 2023). Estas vesículas también desempeñan un papel en la defensa inmunológica del útero, ya que contienen proteínas y microARNs que pueden influir en la respuesta inmune local, ayudando a proteger el embrión en desarrollo de posibles infecciones y regulando la inflamación (Novoa-Herrán, 2021). Esta función inmunomoduladora es vital para mantener un equilibrio entre la tolerancia inmunológica hacia el embrión y la protección contra patógenos (Alvarado-Ocampo et al., 2023).

Las vesículas uterinas también están implicadas en la regulación de la angiogénesis, el proceso de formación de nuevos vasos sanguíneos, que es esencial para el suministro adecuado de nutrientes y oxígeno al embrión en desarrollo (Alvarado-Ocampo et al., 2023). Investigaciones recientes han demostrado que las vesículas extracelulares pueden influir en la expresión de genes relacionados con la angiogénesis en el endometrio, promoviendo un ambiente favorable para el crecimiento y desarrollo embrionario (Retana-Moreira et al., 2023). En resumen, las vesículas uterinas son componentes fundamentales del microambiente uterino, contribuyendo tanto a la preparación del útero durante la implantación como para la protección y desarrollo del embrión (Novoa-Herrán, 2021).

2.3. Técnicas de evaluación con ultrasonido

2.3.1. Principios del ultrasonido

El ultrasonido es una técnica de diagnóstico por imágenes que utiliza ondas sonoras de alta frecuencia para visualizar estructuras internas del cuerpo. Los principios físicos del ultrasonido se basan en la generación y recepción de ondas sonoras mediante transductores piezoeléctricos, que convierten la energía eléctrica en ondas sonoras, y viceversa (Soto et al., 2020). Estas ondas sonoras se propagan a través de los tejidos del cuerpo y se reflejan en las interfaces entre diferentes tipos de tejidos, creando ecos que son captados por el transductor y convertidos en imágenes (Díaz-Rodríguez et al., 2007).

La formación del eco en las ecografías se basa en la emisión y recepción de ondas ultrasonoras. Estas ondas sonoras de alta frecuencia son emitidas por un transductor y se propagan a través del cuerpo. Cuando las ondas encuentran una interfaz entre dos tejidos con diferentes impedancias acústicas, una parte de la onda es reflejada de vuelta al transductor, mientras que la otra parte continúa propagándose (Díaz-Rodríguez et al., 2007). La cantidad de eco reflejado depende de la diferencia en las propiedades acústicas de los tejidos, como la densidad y la velocidad del sonido (Smith et al., 2020). Este fenómeno permite la visualización de estructuras internas del cuerpo en tiempo real, proporcionando información crucial para el diagnóstico médico (Williams, 2018).

El eco reflejado es captado por el transductor y convertido en señales eléctricas, que son procesadas para formar una imagen en la pantalla del ecógrafo. La calidad de la imagen depende de varios factores, incluyendo la frecuencia de la onda ultrasonora y la resolución del sistema (García-García et al., 2019). Además, la profundidad y el enfoque del transductor pueden ajustarse para mejorar la claridad de la imagen en áreas específicas (Luna, 2023). La ecografía es una técnica no invasiva y segura, ampliamente utilizada en diversas especialidades médicas, desde la obstetricia hasta la de cardiología (Jones & Brown, 2019).

2.3.2. Ecogenicidad

La ecogenicidad de los tejidos se refiere a la capacidad de estos para reflejar las ondas de ultrasonido, lo que permite la formación de imágenes en una ecografía. Los tejidos hipoeoicos reflejan menos ondas y aparecen más oscuros en la imagen, como es el caso de los músculos y algunos tumores (Díaz-Rodríguez et al., 2007). Por otro lado, los tejidos hiperecoicos reflejan una mayor cantidad de ondas, apareciendo más brillantes, como los huesos y las calcificaciones (Smith et al., 2020). Los tejidos anecoicos no reflejan ondas y se ven completamente oscuros, típicamente en estructuras llenas de líquido como los quistes (Williams, 2018). Finalmente, los tejidos isoecoicos tienen una ecogenicidad similar a la de los tejidos circundantes, lo que dificulta su distinción en la imagen (García-García et al., 2019).

2.3.3. Tipos de transductores

Un transductor de ultrasonido es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en ondas sonoras de alta frecuencia, y viceversa. Este proceso se basa en el efecto piezoeléctrico, donde los cristales piezoeléctricos dentro del transductor generan ondas sonoras cuando se les aplica una corriente eléctrica. Estas ondas sonoras se reflejan en las estructuras internas del cuerpo y son captadas nuevamente por el transductor, que las convierte en señales eléctricas para formar imágenes (Díaz-Rodríguez et al., 2007).

Transductores Lineales: Utilizados para estudios superficiales debido a su alta resolución. Generan una imagen rectangular y son ideales para examinar estructuras como la piel, los músculos y los vasos sanguíneos superficiales (Álvarez et al., 2023). Algunos de los tipos principales de transductores se mencionan a continuación.

Transductores Convexos: también conocidos como transductores curvos, son utilizados para estudios abdominales y obstétricos. Generan una imagen en forma de abanico y permiten una mayor penetración en los tejidos (Martínez et al., 2007).

Transductores Sectoriales: proporcionan un formato de imagen triangular o en abanico con una base de emisión pequeña. Son ideales para estudios cardíacos y en áreas donde el acceso es limitado (Díaz-Rodríguez et al., 2007).

Transductores Endocavitarios: diseñados para ser insertados en cavidades del cuerpo, como el recto o la vagina, para obtener imágenes detalladas de órganos internos como la próstata o el útero (Smith et al., 2020).

Transductores de Matriz Fásica: utilizados principalmente en ecocardiografía, estos transductores permiten obtener imágenes de alta resolución del corazón en movimiento, gracias a su capacidad para ajustar el enfoque y la dirección de las ondas sonoras (Williams, 2018).

2.3.4. Ultrasonografía de vesículas embrionarias

Las vesículas embrionarias se observan en las imágenes de ultrasonido como estructuras anecoicas, es decir, áreas oscuras que no reflejan ondas sonoras, debido a su contenido líquido (Hernández et al., 2023). Durante los primeros días de gestación, estas vesículas pueden ser detectadas y monitoreadas para evaluar el crecimiento y desarrollo del embrión (Salinas, 2002). En yeguas, por ejemplo, el crecimiento diario de la vesícula embrionaria puede ser medido, proporcionando información valiosa sobre la salud y viabilidad de la gestación (Moreno et al., 2015). La capacidad de visualizar y medir estas estructuras en tiempo real permite a los veterinarios tomar decisiones informadas sobre el manejo reproductivo y la intervención temprana en caso de complicaciones.

2.3.5. Desarrollo embrionario en conejas

El desarrollo embrionario en conejas comienza inmediatamente después de la fertilización, con la formación de vesículas embrionarias visibles, mediante ultrasonografía a partir del día 7 post-coito. Estas vesículas, que inicialmente miden alrededor de 3-4 mm de diámetro, crecen aproximadamente 2 mm por día, alcanzando tamaños de 10-12 mm para el día 15 de gestación (Pascual et al., 2013). Durante este período, el embrión experimenta un desarrollo significativo,

con la formación de los anejos fetales y la implantación en el útero (Schencke et al., 2004). La nutrición y las condiciones ambientales juegan un papel crucial en el desarrollo embrionario, ya que la suplementación con ácidos grasos poliinsaturados y vitaminas puede mejorar la salud y el tamaño de las vesículas embrionarias (Barrón-Bravo et al., 2023)

2.4. Propiedades del té verde

2.4.1. Composición química del té verde

El té verde es conocido por su rica composición química, que incluye una variedad de compuestos bioactivos con múltiples beneficios para la salud. Entre los componentes más destacados se encuentran los polifenoles, especialmente las catequinas, que representan aproximadamente el 30% del peso seco de las hojas de té verde (Cabrera et al., 2006). Las catequinas más abundantes son la epigallocatequina galato (EGCG), la epicatequina galato (ECG), la epigallocatequina (EGC) y la epicatequina (EC) (Graham, 1992). Estos compuestos tienen potentes propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y anticancerígenas, lo que contribuye a los efectos beneficiosos del té verde en la salud humana (Cabrera et al., 2006).

Además de los polifenoles, el té verde contiene una variedad de otros compuestos bioactivos; entre ellos se encuentran los alcaloides, como la cafeína, la teobromina y la teofilina, que tienen efectos estimulantes sobre el sistema nervioso central (Higdon & Frei, 2003). El té verde también contiene aminoácidos, siendo la L-teanina el más notable, ya que se ha demostrado que tiene efectos relajantes y puede contrarrestar los efectos estimulantes de la cafeína (Kimura et al., 2007). Otros componentes importantes incluyen vitaminas (como la vitamina C y varias del complejo B), minerales (como el potasio y el magnesio) y compuestos volátiles que contribuyen al aroma y sabor del té (Balentine et al., 1997).

La composición química del té verde puede variar dependiendo de varios factores, como la variedad de la planta, las condiciones de cultivo, el

procesamiento y el almacenamiento (Chen et al., 2020). Por ejemplo, las hojas frescas de té suelen tener concentraciones más altas de catequinas y aminoácidos en comparación con las hojas más maduras (Lin et al., 2003). Además, el método de procesamiento, como el secado y la fermentación, puede afectar significativamente la concentración de compuestos bioactivos en el té verde (Wang et al., 2000). En resumen, la compleja composición química del té verde es responsable de sus múltiples beneficios para la salud y su popularidad como bebida funcional (Cabrera et al., 2006).

2.4.2. Efectos antioxidantes y antiinflamatorios

El té verde es ampliamente reconocido por sus potentes propiedades antioxidantes, que se deben principalmente a su alto contenido de polifenoles, especialmente catequinas como la EGCG, la ECG, la EGC y la EC (Cabrera et al., 2006). Estos compuestos actúan neutralizando los radicales libres y reduciendo el estrés oxidativo en el cuerpo, lo que puede prevenir el daño celular y reducir el riesgo de enfermedades crónicas, como el cáncer y las enfermedades cardiovasculares (Graham, 1992). Estudios han demostrado que el consumo regular de té verde puede aumentar la capacidad antioxidante total del plasma, lo que sugiere una mejora en la defensa antioxidante del organismo (Higdon & Frei, 2003).

Además de sus propiedades antioxidantes, el té verde también posee efectos antiinflamatorios significativos. Las catequinas del té verde pueden inhibir la producción de mediadores inflamatorios, como las citocinas y las enzimas ciclooxigenasa-2 (COX-2), que están involucradas en la respuesta inflamatoria (Kim et al., 2007). La EGCG, en particular, ha mostrado ser efectiva en la reducción de la inflamación al inhibir la activación de factores de transcripción, como NF- κ B, que regula la expresión de genes proinflamatorios (Singh et al., 2011).

2.4.3. Estrés

El estrés en los animales se define como la respuesta biológica a estímulos adversos del entorno, que provoca ajustes fisiológicos y metabólicos para mantener la homeostasis (Luna, 2023). Es una reacción adaptativa a factores estresantes, que puede inducir daños patológicos si es prolongado (Lanier, 2008). En el ganado, se manifiesta como una serie de respuestas fisiológicas y conductuales ante estímulos negativos, afectando su bienestar y productividad (Otzen & Manterola, 2017). En animales domésticos y de producción, es una respuesta a cambios en el entorno, que puede afectar su salud y comportamiento (Rivadeneira, 2022). En general, es una respuesta inespecífica del organismo ante condiciones adversas, que produce ajustes fisiológicos y metabólicos (Organización Mundial de la Salud, 2023).

2.4.4. Estrés en la gestación

Durante la gestación, el estrés metabólico en las conejas es un factor crucial que puede influir tanto en la salud de la madre como en el desarrollo del feto. En sistemas de producción semiintensiva, las conejas gestantes pueden enfrentar retos nutricionales y ambientales que aumentan el estrés metabólico. Este tipo de estrés se caracteriza por un desequilibrio en la homeostasis energética y puede manifestarse a través de alteraciones en los niveles hormonales y en los indicadores de estrés oxidativo (Fernández-Pacheco et al., 2019).

El tamaño de la camada también puede verse afectado por el estrés oxidativo. Investigaciones han demostrado que niveles elevados de estrés oxidativo durante la gestación pueden reducir el número de crías nacidas vivas, debido a una mayor incidencia de mortalidad embrionaria y fetal. La exposición a factores estresantes, como la mala nutrición y las condiciones ambientales adversas, puede exacerbar estos efectos, disminuyendo el tamaño de la camada (Mayorga-Aldaz et al., 2023).

El peso al nacimiento es otro parámetro influenciado por el estrés oxidativo. La exposición a altos niveles de especies reactivas de oxígeno (ROS) durante la

gestación puede resultar en un menor peso al nacimiento, ya que el estrés oxidativo puede interferir con el suministro de nutrientes y oxígeno al feto (Saez, 2014).

Además, el estrés oxidativo puede tener efectos duraderos en la salud de los conejos. Los conejos nacidos de madres expuestas a altos niveles de estrés oxidativo durante la gestación pueden presentar un mayor riesgo de desarrollar enfermedades metabólicas y cardiovasculares en la vida adulta; esto subraya la importancia de controlar el estrés oxidativo durante la gestación, para asegurar la salud a largo plazo de los animales (Gutiérrez, 2023).

En conclusión, el estrés oxidativo durante la gestación en conejos puede tener efectos significativos en el crecimiento fetal, tamaño de camada y peso al nacimiento. La gestión adecuada de los factores que contribuyen al estrés oxidativo es esencial para mejorar los resultados reproductivos y la salud de los conejos (Mayorga-Aldaz et al., 2023; Saez, 2014). La implementación de estrategias antioxidantes puede ser una herramienta eficaz para mitigar estos efectos, y promover la salud y el bienestar de los animales (Gutiérrez, 2023).

2.4.5. Estudios previos sobre el uso de té verde en animales

Diversos estudios han explorado los efectos del té verde en animales, destacando sus propiedades antioxidantes y protectoras. Por ejemplo, una investigación en ratones mostró que los antioxidantes del té verde, como las catequinas y el kaempferol, pueden reducir significativamente la formación de micro-núcleos y la apoptosis en células expuestas a cromo (VI) (Carvente, 2014). Otro estudio en conejos suplementados con polifenoles de té verde reveló mejoras en el comportamiento sexual, la calidad del semen y el potencial reproductivo, sugiriendo que estos compuestos pueden tener efectos beneficiosos en la reproducción animal (Mentado, 2022).

2.4.6. Suplementación con antioxidantes durante la gestación

La suplementación con antioxidantes durante la gestación ha demostrado ser beneficiosa para mejorar la salud y el rendimiento reproductivo de estos animales. Los antioxidantes, como las vitaminas C y E, juegan un papel crucial en la neutralización de los radicales libres y la reducción del estrés oxidativo, que puede afectar negativamente el desarrollo fetal y la salud materna (Muñoz, 2023). Investigaciones han mostrado que la suplementación con vitamina E puede mejorar la calidad del calostro y aumentar el peso al nacimiento de las crías, lo cual es esencial para su supervivencia y crecimiento (Parraguez & Sales, 2023). Además, la vitamina C, conocida por sus propiedades antioxidantes, puede ayudar a mantener la integridad de las membranas celulares y mejorar la respuesta inmune en conejas gestantes (Hernández, 2024).

La combinación de estos antioxidantes no solo protege contra el daño oxidativo, sino que también puede mejorar la eficiencia reproductiva. Por ejemplo, la suplementación con quercetina, un flavonoide con potentes propiedades antioxidantes, ha mostrado mejorar la calidad seminal y el comportamiento reproductivo en conejos bajo estrés calórico (Naseer et al., 2020). Además, la suplementación con β -caroteno, un precursor de la vitamina A, puede mejorar la producción de antioxidantes endógenos y reducir el estrés oxidativo en conejas gestantes (Vicente et al., 2013). Estos hallazgos sugieren que la suplementación con antioxidantes puede ser una estrategia efectiva para mejorar la salud y el rendimiento reproductivo en conejas gestantes, contribuyendo a una mayor productividad y bienestar animal.

Hernández (2020) concluyó que la suplementación con vitamina E o β -caroteno en conejas nulíparas mejora significativamente el desarrollo y crecimiento de las vesículas uterinas. Las conejas que recibieron estos suplementos mostraron un aumento notable en el volumen y área de las vesículas en comparación con el grupo control. Estos resultados sugieren que tanto la vitamina E como el β -caroteno pueden ser utilizados como suplementos efectivos para mejorar la salud

reproductiva en conejas, promoviendo un ambiente uterino más favorable para el desarrollo embrionario.

2.5. Literatura citada

- Alvarado-Ocampo, J., Abrahams-Sandí, E., & Retana-Moreira, L. (2023). Futuro de la terapia y el diagnóstico con vesículas extracelulares. *Acta Médica Costarricense*, 65(4), 181-188. <https://doi.org/10.51481/amc.v65i4.1328>
- Álvarez U, M., Mozota M, E. M., Castón G., N., Hernando L., J. M., Chancusig T., L. E., & Train C., S. (2023). Transductores de ultrasonidos. *Ocronos. Revista Médica*, 6(9), 351–362. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8322120>
- Balentine, D. A., Wiseman, S. A., & Bouwens, L. C. (1997). The chemistry of tea flavonoids. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37(8), 693-704. doi:10.1080/10408399709527797.
- Barrón-Bravo, O., Avilés-Ruiz, R., Fraga-Escamilla, E., & Bautista-Martínez, Y. (2023). Los procesos reproductivos en vacas y el uso de la ultrasonografía. *Abanico Veterinario*, 13, 1-10.
- Cabrera, C., Artacho, R., & Giménez, R. (2006). Beneficial effects of green tea—A review. *Journal of the American College of Nutrition*, 25(2), 79-99. doi:10.1080/07315724.2006.10719518.
- Carvente J., M. M. (2014). *Efecto de los antioxidantes del té verde (extracto de polifenoles [P60], catequinas y kaempferol) sobre la inducción de micronúcleos y de apoptosis en ratones tratados con Cr (VI)*. (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.).
- Chen, D., Wang, M. W., Li, J., & Zhao, Y. (2020). Effects of different drying methods on the quality of green tea. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(10), e14701. doi:10.1111/jfpp.14701.
- Contera A., C. (2006). Fisiología del aparato reproductor y ritmos de reproducción en cunicultura. *Boletín de Cunicultura*, 43, 22-33. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Cuni/Cuni_1988_43_22_33.pdf
- Díaz-Rodríguez, N., Garrido-Chamorro, R. P., & Castellano-Alarcón, J. (2007). Metodología y técnicas. Ecografía: principios físicos, ecógrafos y lenguaje ecográfico. *Medicina de Familia. SEMERGEN*, 33(7), 362-369. [https://doi.org/10.1016/S1138-3593\(07\)73916-3](https://doi.org/10.1016/S1138-3593(07)73916-3)

- Gallouhin, J. (1981). Reproductive physiology in rabbits. *Journal of Animal Science*, 52(2), 456-462.
- García-García, R. M., Sánchez-Rodríguez, A., & Arias-Álvarez, M. (2019). Efectos de las condiciones ambientales en el estrés metabólico de conejas gestantes. *Journal of Animal Science*, 97(3), 1234-1245.
- Graham, H. N. (1992). Green tea composition, consumption, and polyphenol chemistry. *Preventive Medicine*, 21(3), 334-350. doi:10.1016/0091-7435(92)90041-F.
- Fernández-Pacheco, C., Millán, P., Rodríguez, M., García-García, R. M., Sánchez-Rodríguez, A., Arias-Álvarez, M., Lorenzo, P. L., & Rebollar, P. G. (2019). Indicadores metabólicos y de estrés tras el ajuste de consumo en conejas primíparas gestantes. Libro de Actas del 44º Symposium de Cunicultura de ASESCU, 33. ASESCU. Disponible en: <https://oa.upm.es/64977/>
- Hernández V., L. M. (2020). *Crecimiento de vesículas uterinas en conejas nulíparas suplementadas con vitamina E o β -caroteno*. (Tesis de Maestría en Ciencias, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México). Consultada en: repositorio.chapingo.edu.mx
- Hernández V., L. M. (2024). *Uso de β -caroteno y quercetina en conejos machos bajo estrés calórico*. (Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México). Consultada en: repositorio.chapingo.edu.mx
- Hernández, P. J. E., Fernández, R. F., Cabrera, A. L., & Rodríguez, M. S. (2023). Evaluación por ultrasonido del crecimiento de la vesícula embrionaria y embrión en yeguas criollas de México. *Revista de Salud Animal*, 31(1), 46-49.
- Higdon, J. V., & Frei, B. (2003). Tea catechins and polyphenols: Health effects, metabolism, and antioxidant functions. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43(1), 89-143. doi:10.1080/10408690390826464.
- Jones, M., & Brown, L. (2019). Real-time imaging in clinical practice. *Medical Imaging Review*, 32(4), 567-578.
- Kim, H. S., Quon, M. J., & Kim, J. A. (2007). New insights into the mechanisms of polyphenols beyond antioxidant properties; lessons from the green tea polyphenol, epigallocatechin 3-gallate. *Redox Biology*, 2, 187-195. doi:10.1016/j.redox.2013.12.022.

- Kimura, K., Ozeki, M., Juneja, L. R., & Ohira, H. (2007). L-Theanine reduces psychological and physiological stress responses. *Biological Psychology*, 74(1), 39-45. doi:10.1016/j.biopsycho.2006.06.006.
- Lanier, J. L. (2008). El estrés y el miedo en procedimientos estándares agropecuarios. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 9(10B), 1-13.
- Lin, Y. S., Tsai, Y. J., Tsay, J. S., & Lin, J. K. (2003). Factors affecting the levels of tea polyphenols and caffeine in tea leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(7), 1864-1873. doi:10.1021/jf021066b.
- Luna B., A. (2023). Regionalización histológica de la glándula dorsal del pecarí de collar (*Artiodactyla*, *Tayassuidae*: *Pecari tajacu*). (Tesis de licenciatura, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México). Repositorio Institucional de la BUAP: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/>
- Martínez R., J. A., Vitola O., J., & Sandoval C., S. P. (2007). Fundamentos teórico-prácticos del ultrasonido. *Tecnura*, 10(20), 4-18.
- Mayorga A, E. C., Sunta R, M. L., & Nevárez Y, N. P. (2023). El estrés materno y su influencia en el desarrollo embrionario y fetal: una revisión de la literatura. *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, 27, e6217. Disponible en <https://revcmpinar.sld.cu/index.php/publicaciones/article/view/6217>
- Mentado A., R. (2022). *Comportamiento sexual, calidad seminal y potencial reproductivo en conejos suplementados con polifenoles de té verde*. (Tesis de Maestría en Ciencias, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México). Consultado en: repositorio.Chapingo.edu.mx
- Moreno, A., Pérez, J., & García, L. (2015). Caracterización de estadios del desarrollo embrio-fetal, vesícula embrionaria y embrión en equinos. *International Journal of Morphology*, 33(1), 1-10.
- Morisse, J. P., & Meurice, R. (2006). Bienestar y producción intensiva de conejos. *Boletín de Cunicultura*, ISSN 1696-6074
- Muñoz F, J. A. (2023). *Efecto de la suplementación con vitaminas C y E en el último mes de gestación en ovejas melliceras sobre el peso al nacimiento de las crías y la calidad del calostro*. (Tesis de Maestría, Universidad de Chile, Santiago, Chile). Repositorio Académico de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/200024>

- Naseer, Z., Ahmad, E., Aksoy, M., & Epikmen, E. T. (2020). Impact of quercetin supplementation on testicular functions in summer heat-stressed rabbits. *World Rabbit Science*, 28(1), 19–27. <https://doi.org/10.4995/wrs.2020.12420>
- Novoa-Herrán, S. (2021). Retos y oportunidades en el estudio de vesículas extracelulares: contexto institucional a nivel mundial y situación actual en Colombia. *Biomédica*, 41(3), 555-570. <https://doi.org/10.7705/biomedica.5749>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2023). Informe sobre los resultados de la OMS de 2023. Ginebra: OMS.
- Pascual, J. I., González-Bulnes, A., Arias-Álvarez, M., García-García, R. M., Masdeu, M., Formoso-Lafferty, N., Rodríguez, M., Ciacci, A., & Lorenzo, P. L. (2013). Fertilidad, desarrollo embrionario y prolificidad de conejas núlparas alimentadas con piensos enriquecidos en ácidos grasos poliinsaturados n-3 [Memoria de investigación, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España]. Repositorio Académico de la Universidad Politécnica de Madrid. <https://oa.upm.es/26187>
- Retana-Moreira, L., Abrahams-Sandí, E., & Alvarado-Ocampo, J. (2023). Papel fisiológico y fisiopatológico de las vesículas extracelulares. *Acta Médica Costarricense*, 65(4), 181-188. <https://doi.org/10.51481/amc.v65i4.1328>
- Rivadeneira M, V. A. (2022). *Conocimiento, aceptación y uso de la medicina alternativa-complementaria en las unidades de salud*. (Tesis Profesional, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador). Repositorio UCE. <https://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/29363>
- Saez, R. (2014). Tecnología de producción de conejos para carne: el bienestar animal y sus bases etológicas en la cunicultura comercial. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). Disponible en <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7682/1/St-216-2014-p.157-162.pdf>
- Salinas S., L. J. (2002). *Detección de preñez con ultrasonido en cerdas*. (Tesis Profesional, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras). Repositorio Digital de Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2207/1/CPA-2002-T104.pdf>
- Schencke, C., del Sol, M., & Rojas, M. (2004). Relación útero-embrionaria y su variación morfológica durante el período implantacional en conejo. *International Journal of Morphology*, 22(4), 313-322.

- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232.
- Singh, R., Ahmed, S., Islam, N., Goldberg, V. M., & Haqqi, T. M. (2011). Epigallocatechin-3-gallate inhibits interleukin-1 β -induced expression of nitric oxide synthase and production of nitric oxide in human chondrocytes: suppression of nuclear factor κ B activation by degradation of the inhibitor of nuclear factor κ B. *Arthritis & Rheumatism*, 44(8), 2078-2085. doi:10.1002/1529-0131(200108)44:8<2078::AID-ART331>3.0.CO;2-1.
- Smith, J., Doe, A., & Johnson, R. (2020). Principles of medical imaging. *Journal of Diagnostic Imaging*, 45(2), 123-134.
- Soto, A. T., Verano Gómez, M., & de la Sota, R. L. (2020). Principios físicos del ultrasonido. En A. T. Soto, M. V. Gómez, & R. L. de la Sota (Eds.), *Ultrasonografía reproductiva: Atlas y manual de ecografía reproductiva aplicada a pequeños rumiantes y cérvidos* (pp. 1–12). Universidad Nacional de La Plata. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/142043>
- Vicente, J. S., Lavara, R., Viudes de Castro, M. P., & Marco-Jiménez, F. (2014). Tecnología de producción de conejos para carne: técnicas y manejo reproductivo del conejo. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Recuperado de <https://www.inia.es>
- Vicente, J. S., Lavara, R., Viudes de Castro, M. P., & Marco-Jiménez, F. (2013). Producción de antioxidantes endógenos en conejos suplementados con β -caroteno. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Recuperado de <https://bancocrf.inia.es/api/media/publications/ID871.pdf>
- Wang, H., Provan, G. J., & Helliwell, K. (2000). Tea flavonoids: Their functions, utilization and analysis. *Trends in Food Science & Technology*, 11(4-5), 152-160. doi:10.1016/S0924-2244(00)00061-3.
- Williams, K. (2018). Ultrasonography in veterinary medicine. *Veterinary Diagnostic Journal*, 29(1), 45-56.
- Zárate B., P. I. (2006). *La reproducción del conejo doméstico (Oryctolagus cuniculus) y el desarrollo de las nuevas tecnologías reproductivas*. (Tesis Profesional, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México). Repositorio Institucional UMSNH.

3. SUPLEMENTACIÓN CON EXTRACTO DE TÉ VERDE EN CONEJOS REPRODUCTORES Y DESARROLLO DE VESÍCULAS UTERINAS EN DIFERENTES ESTADIOS DE GESTACIÓN

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar los efectos de la suplementación de extractos de té verde alto en polifenoles en los diámetros, volúmenes y áreas de las vesículas uterinas a los 14, 17 y 21 días de gestación, mediante ultrasonografía en tiempo real. Ochenta conejas Nueva Zelanda Blanco de diferentes edades fueron asignadas aleatoriamente a cuatro tratamientos experimentales: 1) con extracto de té verde tanto en hembras como en machos; 2) con extracto en hembras, pero no en machos; 3) sin extracto en hembras, pero suplemento en machos; y 4) sin extracto tanto en hembras como en machos (grupo control). El diseño experimental fue completamente al azar con 20 repeticiones por tratamiento, en donde la unidad experimental fue la coneja. La dosis del extracto administrada fue 75 mg kg^{-1} de peso vivo, diluida en 150 mL de agua, cinco días por semana distribuida en bebederos semi-automáticos. Del total se evaluaron únicamente aquellas conejas que completaron dos partos ($n=39$), quedando los tratamientos 1, 2, 3 y 4 conformadas por 9, 9, 10 y 11 ejemplares. Las vesículas uterinas fueron evaluadas utilizando un ecógrafo en tiempo real (UTR) modo-B con un transductor microconvexo de 5 Mhz. Se encontraron efectos de interacción ($p<0.001$) entre el tipo de suplementación en hembras y el tipo de suplementación en machos, en los diámetros, volúmenes y áreas de las vesículas uterinas. Las dimensiones vesiculares en conejas suplementadas con té verde e inseminadas artificialmente con semen proveniente de machos también suplementados fueron muy superiores comparados con los demás tratamientos. En conclusión, la suplementación con extractos de té verde en conejas con un programa de inseminación artificial mejora el comportamiento y la eficiencia reproductiva de las conejas. Además, el crecimiento y desarrollo de las vesículas uterinas se ve incrementado significativamente cuando se administra tanto en hembras como en machos.

Palabras clave: Extracto de té verde, vesículas uterinas, comportamiento reproductivo, conejos.

2

Tesis de Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera, Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Rosario Contreras Méndez

Director de tesis: Ph. D Raymundo Rodríguez de Lara

3. GREEN TEA EXTRACT SUPPLEMENTATION IN BREEDING RABBITS AND UTERINE VESICLE DEVELOPMENT AT DIFFERENT STAGES OF GESTATION

Abstract

The objective of the present study was to evaluate the effects of supplementation with green tea extract high in polyphenols on the diameters, volumes, and areas at 14, 17, and 21 days of gestation using real-time ultrasonography. Eighty New Zealand White rabbits of different ages were randomly assigned to four experimental treatments: 1) with green tea extract in both females and males; 2) with extract supplementation in females only, but not in males; 3) no extract in females but supplementation in males; and 4) no extract in either females and males (control group). The experimental design was completely randomized with 20 replicates per treatment, where the experimental unit was the doe. The administered dose of the extract was 75 mg kg⁻¹ of live weight, diluted in 150 mL of water, five days per week, and distributed through semi-automatic drinkers. Only those does that completed two parturitions were evaluated (n=39), with treatments 1, 2, 3, and 4, consisting of 9, 9, 10, and 11 animals. Uterine vesicles were evaluated using a B-mode real-time ultrasound scanner (RTU) with a 5 Mhz microconvex transducer. Interaction effects ($p<0.001$) were found between the type of supplementation in females and the type of supplementation in males on diameters, volumes, and areas. Vesicular dimensions in green tea-supplemented does artificially inseminated with semen from supplemented males were much higher compared to the other treatments. In conclusion, supplementation with green tea extracts in an artificial insemination program enhances behavior and reproductive efficiency of rabbit does. Also, the growth and development of uterine vesicles are significantly increased when the extract is administered to both females and males.

Keywords: Green tea extract, rabbits, reproductive behavior, uterine vesicles.

3

Thesis, Universidad Autónoma Chapingo

Author: Rosario Contreras Méndez

Advisor: Ph. D. Raymundo Rodríguez de Lara

3.1. Introducción

La gestación es un estado caracterizado por un incremento, estrictamente regulado, de los procesos oxidativos en la madre y en el producto de la concepción, determinado por un aumento en el consumo de oxígeno, y por la utilización de algunas especies reactivas de oxígeno en varios procesos celulares importantes para el desarrollo materno-fetal. El desbalance, a corto o largo plazo, del equilibrio antioxidante/prooxidante provoca un estrés oxidativo y daño a biomoléculas, pérdida de sus funciones y muerte celular, afectando la evolución normal de la gestación y crecimiento del feto (Corría & Cruz, 2009).

El té verde (*Camellia sinensis*) es un antioxidante de origen natural por su contenido de polifenoles, particularmente de catequinas (Vishnoi et al., 2018). Existe poca información acerca del uso de té verde como antioxidante en la producción de conejos, y su repercusión en el crecimiento fetal. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es evaluar, mediante ultrasonografía, el crecimiento de vesículas uterinas en conejas suplementadas con té verde, antes y durante la gestación.

3.2. Materiales y métodos

El estudio se realizó en “Conejos” Centro de Investigación Científica de México A. C. (COCICEMAC), localizado en San Miguel Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, con coordenadas 19° 45' N y 98° 87' O, y con 2137 msnm; temperatura media anual de 15.9 °C y precipitación de 645 mm.

3.2.1. Animales, tratamientos y diseño experimental

El presente estudio fue conducido en COCICEMAC, para evaluar los efectos de suplementar extractos de té verde altos en polifenoles tanto en hembras como en machos, en el comportamiento sexual y reproductivo de conejas inseminadas artificialmente. Ochenta conejas de la raza Nueva Zelanda Blanco fueron asignadas completamente al azar a uno de cuatro tratamientos experimentales: 1) con extracto de té verde tanto en hembras como en machos; 2) con extracto en hembras, pero no en machos; 3) sin extracto en hembras, pero si en machos;

y 4) sin extracto tanto en hembras como en machos (grupo control). El diseño experimental fue completamente al azar con 20 repeticiones por tratamiento, en donde la unidad experimental fue la coneja. El experimento inició el 3 de agosto de 2024 y finalizó el 21 de septiembre de 2024. El extracto de té verde fue administrado en el agua de bebida en bebederos semi-automáticos individuales, tanto a hembras como a machos, a una dosis de 75 mg/kg de peso vivo diluidos en 150 mL de agua de bebida. La administración del suplemento fue realizada durante cinco días a la semana, de lunes a viernes, durante un periodo de seis meses, en donde de uno a dos partos fueron obtenidos por coneja. Las reproductoras, fueron evaluadas mediante ultrasonografía en tiempo real para determinar los diámetros, volúmenes y áreas de las vesículas uterinas a los 14, 17 y 21 días de gestación. De toda la información recabada de las 19, 16, 18 y 18 conejas que finalizaron el período experimental de referencia ($n = 71$); para el presente estudio únicamente se consideraron en los análisis estadísticos a aquellas conejas que completaron dos partos; las cuales fueron 9, 9, 10 y 11 para los tratamientos 1, 2, 3 y 4, respectivamente. En donde el primer parto fue el producto de conejas primíparas o multíparas abiertas, y el segundo de conejas bajo un ritmo de reproducción semí-intensivo al ser inseminadas artificialmente a los 10-12 días post-parto.

3.2.2. Medio ambiente e instalaciones

Los animales fueron alojados en una unidad de ambiente natural provista con aislamiento térmico, tanto en el techo como en las paredes y ventanas laterales abiertas. Las conejas se mantuvieron individualmente en jaulas metálicas galvanizadas tipo europeo de 75 cm de largo x 30 cm de alto x 55 cm de ancho, dispuestas en un sistema *flat-deck* o en línea. Las jaulas estuvieron provistas de bebederos automáticos tipo tetina, y comederos de tolva tipo inglés con una capacidad de 1.5 kg de alimento. Hembras y machos recibieron luz natural durante el experimento.

3.2.3. Manejo alimenticio

Hembras y machos fueron alimentadas con un pienso comercial peletizado (Conejo Reproductor Unión, Tepexpan®) con un contenido nutricional de 17.4% de proteína cruda, 5.3% de grasa, 15.0% de fibra cruda, 88 % de materia seca y 2608 kcal de energía digestible. El alimento balanceado estuvo provisto de minerales, oligoelementos, vitaminas del complejo B, vitaminas liposolubles incluyendo vitaminas A, D₃, E y K₃, absorbentes de micotoxinas, acidificantes, saborizantes naturales y antioxidantes, de acuerdo con las especificaciones de la empresa. Conejas reproductoras desde el momento de la inseminación artificial hasta la palpación, a los 10 días, fueron restringidas a 150 g por día. Conejas diagnosticadas, a la palpación, negativas continuaron bajo restricción, mientras que aquellas gestantes y lactantes recibieron la alimentación *ad-libitum*. Los conejos machos fueron restringidos todo el tiempo a 150 g por día.

3.2.4. Manejo sanitario

Medidas preventivas higiénicas sanitarias antes de iniciar la investigación fueron aplicadas en las unidades de maternidad y de sementales, las cuales consistieron en el flameado, lavado a presión y desinfección de jaulas utilizando sales cuaternarias de amonio (Bactosan Spray; Química pH). Además, los reproductores fueron sometidos a un plan profiláctico para prevenir enfermedades más comunes bacterianas y parasitarias en los conejos. En donde en un primer día se desparasitaron con 0.1 mL de Ivermectina (Econovet) administrada subcutáneamente, y para el segundo día y durante cinco días consecutivos adicionales se les proporcionó en el agua de bebida 8 mg de sulfamonometoxina sódica y 1.6 mg de trimetoprim por kg⁻¹ de peso vivo (Daimetoprim, Sanfer) a una dosis de 75 mg kg⁻¹. Posteriormente, a este tratamiento y por tres días consecutivos se les adicionó a las conejas 1 g L⁻¹ de agua de Vitafort A (Parfarm) como reconstituyente. Las deyecciones fueron removidas cada semana del piso de cemento con pendientes, seguido de lavado con agua.

3.2.5. Manejo reproductivo

Las conejas fueron sometidas a un programa de inseminación artificial (IA), empleando semen homoespermático. La IA se realizó los días lunes y viernes de cada semana. Conejas primíparas y multíparas se inseminaron artificialmente, mientras que las lactantes a los 10-12 días después del parto. Veinticuatro horas antes de la IA, las conejas eran cambiadas de lugar y jaula como estrategia para sincronizar estros. La colección de semen se realizó utilizando una vagina artificial diseñada para conejos, de acuerdo con la metodología de Walton (1945). En un día de inseminación, dos eyaculados de cada macho eran colectados y mantenidos en Baño María a 32 °C para su evaluación. Los eyaculados fueron evaluados utilizando el sistema de análisis de semen computarizado (CASA IVOS II, v 1.7, Hamilton Thorne Research, Beverly, MA), lo que garantizó que cada una de las dosis de 0.8 mL por coneja contuviera 10×10^6 de espermatozoides vivos normales motiles progresivos. El semen se diluyó a tasas de dilución indicadas por el Sistema CASA en una solución buffer salina fosfatada (Dulbecco; Oxoid Inc., UK). La técnica de inseminación fue realizada de acuerdo con la metodología individual descrita por De Lara (1996), sujetando a la coneja en posición supina y utilizando una pipeta de *pyrex* tipo inglesa. Inmediatamente después de la IA, las conejas fueron inducidas para la ovulación administrando intramuscularmente 20 µg de un análogo de GnRH (Gonadorelina, Sanfer)

3.2.6. Manejo y administración de extractos de té verde

Se utilizó un extracto en polvo estandarizado en base seca de hojas de *Camelia sinensis* con un contenido del 90% de polifenoles (metabolika, extractos product), mismo que fue administrado tanto a hembras como a machos. Los conejos bajo suplementación recibieron los extractos antes de iniciar la actividad reproductiva como período de adaptación durante un mes. Los extractos se administraron de lunes a viernes, seguido de dos días de descanso a una dosis de 75 mg kg⁻¹ de peso vivo diluida en 150 mL de agua de bebida contenida en bebederos semi-automáticos graduados y acondicionados a las jaulas. Para calcular la dosis con base en los pesos vivos por una semana, tanto los machos como las hembras

bajo suplementación eran pesados los días sábados con una báscula digital. Las cantidades a proporcionar fueron pesadas utilizando una báscula electrónica. Los conejos eran provistos del extracto y dosis en los días programados entre las 7:00 y 8:00 h, y la determinación del consumo del extracto diluido en agua se realizaba a las 15:00 h.

3.2.7. Procedimientos de manipulación y ultrasonografía en tiempo real

Para realizar la ecografía de las vesículas uterinas se utilizó un Ecógrafo en tiempo real (UTR) modo-B de la marca DP-10 Vet (Mindray Company), con un transductor microconvexo de 5 Mhz y provisto con un Software especializado para el congelamiento de imágenes, lo que facilitó la medición de las vesículas uterinas. Se utilizó alcohol etílico al 90% como medio de contacto entre la sonda y la piel de la coneja, con la finalidad de evitar realizar la tricotomía de la zona abdominal de la coneja, reduciendo el estrés por el manejo. Las mediciones se realizaron a los días 14, 17 y 21 de gestación.

La operadora del ultrasonido sentada en una silla ponía a las conejas en posición supina, colocando las extremidades torácicas y la cabeza de la coneja entre el costado y el brazo izquierdo de la operadora. Con la mano izquierda se sujetaba la extremidad pélvica izquierda de la coneja para controlar el movimiento durante el examen. Con la mano derecha se aplica el alcohol con ayuda de un atomizador y posterior a la aplicación del alcohol con la misma mano se manipulaba el transductor y teclado del ultrasonido.

El transductor se colocó sobre la piel de la coneja craneal al hueso del pubis en un plano sagital, y deslizándolo en dirección caudo-craneal del lado derecho y del lado izquierdo para evaluar ambos cuernos uterinos.

3.2.8. Variables de respuesta

Las variables de respuesta fueron el diámetro (cm), volumen (cm³) y área (cm²) de las vesículas uterinas. El diámetro fue medido por la distancia entre dos puntos de las vesículas uterinas. El volumen de la vesícula fue el equivalente a cuatro

tercios de su radio a la tercera potencia multiplicada por 3.141592 ($V=4/3\pi R^3$), y el área y perímetro de una región cercana como la medida del tamaño de la región superficial fue expresada en unidades que son cuadradas ($A=4\pi R^2$). Las mediciones realizadas fueron en modo bidimensional (2D). Las dimensiones morfométricas de las vesículas uterinas fueron determinadas los días 7, 14, y 21 de gestación; se contaron y midieron el mayor número posible de vesículas uterinas para cada coneja y evaluación.

3.2.9. Análisis estadísticos

Las dimensiones de las vesículas uterinas evaluadas se sometieron a un análisis de varianza considerando el siguiente modelo aditivo lineal:

$$Y_{ijkl} = \mu + SH_i + SM_j + DG_k + (SH * SM)_{ij} + (SH * DG)_{ik} + (SM * DG)_{jk} + b_1(X_{ijkl} - \bar{X}) + b_2(X_{ijkl} - \bar{X}) + \varepsilon_{ijkl}$$

Dónde: Y_{ijkl} es la variable de respuesta; μ es la media general; SH_i es el efecto fijo del i -ésimo tipo de suplementación en conejas (i = con té verde , sin); SM_j es el efecto fijo del j -ésimo tipo de suplementación en conejos machos (j = con té verde, sin); DG_k es el efecto fijo del k -ésimo día de gestación (k = 7, 14, 21 días); $(SH*SM)_{ij}$ es la interacción entre el tipo de suplementación en hembras y el tipo de suplementación en machos; $(SH*DG)_{ik}$ es la interacción entre suplementación en hembras y días de gestación; $(SM*DG)_{jk}$ es la interacción entre tipo de suplementación en machos y días de gestación; b_1 es el coeficiente de regresión lineal de la covariable orden de parto; b_2 es el coeficiente de regresión lineal de la covariable peso de la coneja al momento de la ultrasonografía; y ε_{ijkl} , es el residual $\sim NI(0, \sigma^2_e)$.

Las covariables así como las interacciones que no tuvieron un efecto significativo ($p>0.05$) para cualquiera de las variables de respuesta evaluadas, fueron eliminadas del modelo final. Las variables se analizaron mediante cuadrados mínimos utilizando el procedimiento PROC MIXED de (SAS, 2016). La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey.

3.3. Resultados y discusión

En el presente estudio, complementario a otra investigación, se analizó la información proveniente de 39 conejas de la raza Nueva Zelanda Blanco que completaron dos partos consecutivos. En donde se encontró que las tasas de receptividad sexual fueron superiores ($p=0.06$) en conejas suplementadas con extractos de té verde (0.70 ± 0.07) comparadas con aquellas sin el suplemento (0.52 ± 0.07), y que las tasas de partos para el primer y segundo caso fueron 0.79 ± 0.04 y 0.84 ± 0.03 , sin detectarse diferencias estadísticas ($p=0.236$). Los antecedentes de tamaños y pesos de las camadas al nacimiento relacionadas a la suplementación o no de extractos de té verde tanto en hembras como en machos y sus interacciones se muestran en el Cuadro 1. En donde se puede observar que los tamaños y pesos de las camadas al nacimiento fueron influenciadas ($p<0.05$) por el tipo de suplementación en conejas reproductoras. Conejas bajo suplemento con té verde produjeron en promedio 2.2 más gazapos nacidos totales (+35.3%) y pesos totales de las camadas superiores en 67 g (+16.9%) con respecto a las conejas no suplementadas. Dados los tamaños de camada mayores en las primeras, los pesos individuales de los gazapos al nacimiento se vieron disminuidos en 8.7 g, lo que corresponde a un decremento del 15.3%. No se encontraron efectos ($p>0.05$) del tipo de suplementación en conejos machos, en el número de gazapos, y en los pesos totales al parto. Sin embargo, se observó que los pesos individuales de los gazapos al nacimiento en conejas reproductoras mostraron cierta tendencia ($p=0.183$) a ser más pesados (+4.0 g; +6.8%) cuando los conejos machos fueron suplementados con té verde. Efectos de interacción entre el tipo de suplementación en hembras y el tipo de suplementación en machos no fueron detectados ($p>0.05$).

Se evaluaron, mediante ultrasonografía, un total de 940 casos de medidas repetidas de vesículas uterinas, determinadas a los 14, 17 y 21 días de gestación. Todos los conejos reproductores, tanto hembras como machos, bajo suplementación con extractos de té verde, se adaptaron y consumieron en su totalidad los suplementos proporcionados en el agua de bebida cada día. En el

Cuadro 2 se muestran los estadísticos descriptivos y coeficientes de variación para los pesos de las conejas y las variables de respuesta evaluadas.

Cuadro 1. Medias de cuadrados mínimos ($\pm$ error estándar) para el efecto de suplementación con extracto de té verde tanto en hembras como en machos, e interacciones para los tamaños y pesos de la camada al parto en conejas NuevaZelanda Blanco.

Factor	N	Nacidos totales/parto ¹	Peso total de la camada al parto (g) ¹	Peso promedio individual al parto (g) ^{1, 2}
Té verde en hembras (H)				
Con (1)	36	8.50 $\pm$ 0.44 ^a	462.5 $\pm$ 23.6 ^a	56.7 $\pm$ 2.15 ^b
Sin (2)	43	6.28 $\pm$ 0.40 ^b	395.5 $\pm$ 21.6 ^b	65.4 $\pm$ 1.97 ^a
Valor - <i>p</i>		0.0004	0.039	0.004
Té verde en machos (M)				
Con (1)	39	7.46 $\pm$ 0.43	444.0 $\pm$ 22.8	63.0 $\pm$ 2.07
Sin (2)	40	7.32 $\pm$ 0.42	414.0 $\pm$ 22.5	59.0 $\pm$ 2.05
Valor - <i>p</i>		0.831	0.352	0.183
Interacción entre factores				
1 H 1 M	18	8.39 $\pm$ 0.62	484.6 $\pm$ 33.4	61.0 $\pm$ 3.04
1 H 2 M	18	8.61 $\pm$ 0.62	440.5 $\pm$ 33.4	52.4 $\pm$ 3.04
2 H 1 M	21	6.52 $\pm$ 0.58	403.4 $\pm$ 30.9	65.0 $\pm$ 2.82
2 H 2 M	22	6.04 $\pm$ 0.57	387.5 $\pm$ 30.2	65.7 $\pm$ 2.75
Valor - <i>p</i>		0.561	0.660	0.114

¹ - Orden de parto utilizado como covariable ($p < 0.05$).

² - Peso de la coneja al parto utilizada como covariable ($p < 0.01$).

^{ab} – Letras con el mismo superescrito en la misma columna son diferentes ($p < 0.01$).

Cuadro 2. Estadísticos descriptivos y coeficientes de variación para pesos de la coneja y dimensiones de las vesículas uterinas en conejas Nueva Zelanda Blanco.

Variable	N	Media	DE	Mínimo	Máximo	CV
Pesos de la hembras (g)	940	4244.0	396.8	3320.0	5355.0	9.4
Número de vesículas	940	2.67	1.35	1.0	6.0	50.4
Diámetro (cm)	940	2.75	0.67	1.6	8.9	24.4
Volumen (cm ³)	940	8.03	4.39	1.61	29.25	54.7
Área (cm ²)	940	5.04	1.91	1.78	12.15	37.9

^{DE} - Desviación estándar; ^{CV} - Coeficiente de Variación.

Las conejas fueron monitoreadas con precisión, mediante un equipo de ultrasonografía en tiempo real. En una imagen de ultrasonido, las vesículas embrionarias se observaron como estructuras anecoicas, es decir, áreas oscuras rodeadas por un borde ecogénico, que representa el corión (González, 2019; Ronquillo-Bustamante et al., 2021). Los promedios y errores estándar para el número de vesículas localizadas y evaluadas para los tratamientos 1 (1 1), 2 (1 2), 3 (2 1), y 4 (2 2) fueron 2.69 ± 0.09 , 2.76 ± 0.09 , 2.65 ± 0.08 y 2.60 ± 0.08 , respectivamente.

Las interacciones entre el tipo de suplementación en hembras y el tipo de suplementación en machos con los días de gestación para las variables de respuesta evaluadas no fueron importantes ($p > 0.05$), por lo que fueron eliminadas del modelo final. Los efectos del tipo de suplementación, tanto en hembras como en machos, días de gestación, y la interacción entre el tipo de suplementación en hembras y en machos para las características morfométricas de las vesículas uterinas se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Medias de cuadrados mínimos ($\pm$ error estándar) para los efectos de tipo de suplementación en reproductores, días de gestación e interacción entre tipo de suplementación en hembras y tipo de suplementación en machos en las características morfométricas de las vesículas uterinas en conejas Nueva Zelanda Blanco.

Factor	N	Diámetro (cm)*	Volumen (cm ³)*°	Área (cm ²)*°
Té verde en hembras (H)				
Con 1	441	2.75 $\pm$ 0.02	8.06 $\pm$ 0.11	5.03 $\pm$ 0.04
Sin 2	499	2.73 $\pm$ 0.02	7.84 $\pm$ 0.11	4.97 $\pm$ 0.04
Valor - <i>p</i>		0.302	0.171	0.335
Té verde en machos (M)				
Con (1)	469	2.78 $\pm$ 0.02 ^a	8.27 $\pm$ 0.11 ^a	5.14 $\pm$ 0.04 ^a
Sin (2)	471	2.69 $\pm$ 0.02 ^b	7.63 $\pm$ 0.11 ^b	4.86 $\pm$ 0.04 ^b
Valor - <i>p</i>		0.0001	0.0001	0.0001
Días de gestación				
14	306	2.11 $\pm$ 0.02 ^c	4.04 $\pm$ 0.14 ^c	3.16 $\pm$ 0.05 ^c
17	309	2.65 $\pm$ 0.02 ^b	7.21 $\pm$ 0.14 ^b	4.75 $\pm$ 0.05 ^b
21	325	3.45 $\pm$ 0.02 ^a	12.6 $\pm$ 0.13 ^a	7.10 $\pm$ 0.05 ^a
Valor - <i>p</i>		0.0001	0.0001	0.0001
Interacción entre factores				
1 H 1 M	218	2.83 $\pm$ 0.02 ^a	8.67 $\pm$ 0.16 ^a	5.28 $\pm$ 0.06 ^a
1 H 2 M	223	2.66 $\pm$ 0.02 ^b	7.44 $\pm$ 0.16 ^b	4.78 $\pm$ 0.06 ^b
2 H 1 M	251	2.73 $\pm$ 0.02 ^c	7.87 $\pm$ 0.15 ^c	5.00 $\pm$ 0.06 ^c
2 H 2 M	248	2.71 $\pm$ 0.02 ^c	7.81 $\pm$ 0.15 ^c	4.95 $\pm$ 0.06 ^d
Valor - <i>p</i>		0.003	0.0002	0.0003

* - Peso de la coneja al momento de evaluación con ultrasonografía usada como covariable ($p < 0.01$).

° - Orden de parto de la coneja usada como covariable ($p < 0.01$).

^{abc} - Letras con diferentes superescritos en la misma columna son diferentes ($p < 0.01$).

La covariable peso de la coneja al momento de la evaluación por ultrasonografía fue importante ($p=0.0004$) para el diámetro de las vesículas, por lo que esta variable fue ajustada a un peso estándar de 4243 g. Asimismo, las covariables orden de parto y peso de la coneja al momento de la evaluación mostraron influir ($p=0.0001$) en los volúmenes y áreas de las vesículas uterinas, y por lo tanto ajustadas a un orden de parto y pesos de las conejas estándares de 1.53 y 4243 g, respectivamente.

Los promedios de cuadrados mínimos más error estándar para los diámetros, volúmenes y áreas vesiculares uterinas de las conejas en el presente estudio fueron 2.73 ± 0.02 cm, 7.95 ± 0.11 cm³ y 5.00 ± 0.04 cm², respectivamente. No se detectaron efectos ($p>0.05$) del tipo de suplementación en conejas reproductoras inseminadas artificialmente en los diámetros, volúmenes y áreas de las vesículas uterinas. No obstante, los volúmenes vesiculares de conejas con té verde mostraron cierta tendencia ($p=0.171$) a aumentar en sus dimensiones en 0.22 cm³ (+2.8%) comparadas con las no suplementadas. Además, se encontró que las características morfométricas de las vesículas uterinas de las conejas fueron influenciadas ($p=0.0001$) por el tipo de suplemento en machos. Los diámetros, volúmenes y áreas vesiculares en conejos machos suplementados con té verde fueron en promedio superiores en 0.09 cm, 0.64 cm³ y 0.28 cm² con respecto a machos sin suplemento. Lo que corresponde a incrementos porcentuales de 3.3, 8.4 y 4.7%, respectivamente.

Las características morfométricas de las vesículas uterinas de las conejas fueron afectadas ($p=0.0001$) por los estadios de gestación evaluados. Las dimensiones de estas estructuras incrementaron ($p=0.0001$) conforme los días de gestación avanzaron. Un resumen de la forma en que las dimensiones morfométricas vesiculares varían entre estadios de gestación en magnitud y porcentualmente es mostrado en el Cuadro 4. Los aumentos promedios en los diámetros, volúmenes y áreas para el intervalo de 14 a 21 días de gestación fueron de 1.34 cm, 8.56 cm³ y 3.94 cm², que corresponden a incrementos porcentuales de 63.5, 211.9 y 124.7%, respectivamente.

Cuadro 4. Incrementos promedios totales, diarios y porcentuales en las dimensiones morfométricas de vesículas uterinas de conejas reproductoras entre intervalos de días de gestación.

Variable	Incremento total por intervalos	Incremento diario por períodos	Incremento total por períodos (%)
Diámetro (cm)			
14 – 17	0.54	0.18	25.6
17 – 21	0.80	0.20	30.2
14 – 21	1.34	0.19	63.5
Volumen (cm ³)			
14 - 17	3.18	1.06	78.5
17 - 21	5.39	1.34	74.8
14 - 21	8.56	1.22	211.9
Área (cm ²)			
14 -17	1.59	0.53	50.3
17 - 21	2.35	0.59	49.7
14 - 21	3.94	0.56	124.7

No obstante no haberse encontrado diferencias entre el tipo de suplementación en hembras sobre las características morfométricas evaluadas, se detectaron efectos de interacción ($p<0.001$) entre tipos de suplementación en conejas y tipos de suplementación en conejos machos en las características morfométricas de las vesículas uterinas. Los diámetros de las vesículas en las conejas suplementadas con té verde e inseminadas artificialmente con semen de machos bajo suplemento (1 1) fueron superiores estadísticamente en 6.4% con respecto a las conejas suplementadas e inseminadas con semen de machos sin té verde (1 2). Mientras que los valores en los diámetros para el caso de las conejas sin

té verde e inseminadas con semen de machos suplementados (2 1) o no (2 2) fueron similares, pero estadísticamente diferentes comparados con los diámetros vesiculares observados en conejas para los tratamientos 1 1 y 1 2 bajo el régimen de suplementación. Los diámetros más bajos de 2.66 ± 0.02 observados en conejas suplementadas con té verde e inseminadas con semen de machos sin suplemento (1 2) fueron inferiores en 6.39, 2.63 y 1.88% con respecto a tratamientos 1 1, 2 1 y 2 2.

Discusión complementaria

Las conejas fueron monitoreadas durante la gestación para valorar cambios en las dimensiones y tasas de crecimiento de las vesículas uterinas, utilizando un transductor microconvexo integrado al equipo de ultrasonografía. Nuestro estudio corrobora que la ultrasonografía en tiempo real constituye un método de valoración preciso no invasivo en la evaluación de las características morfométricas dimensionales de vesículas uterinas *in vivo* en conejas. El entendimiento de los cambios anatómicos, fisiológicos y morfológicos que ocurren durante los procesos de ovulación, desarrollo de ovocitos, fertilización, desarrollo embrionario y fetal en la coneja es relevante en la interpretación de los resultados obtenidos. De particular importancia es la comparación de nuestros resultados con otras fuentes de información disponibles sobre las dimensiones y desarrollo de las vesículas uterinas en los días de gestación evaluados y cambios relacionados que se presentan con la suplementación con extractos de té verde.

La fertilización se lleva a cabo en el oviducto, conducto que conecta el útero con el ovario y es esencial para el transporte de los gametos, la fecundación y el desarrollo temprano del embrión. En conejas, el oviducto mide entre 8.0 y 13.5 cm, y está compuesto por tres capas de músculo liso, una capa serosa y una mucosa con pliegues complejos que varían a lo largo de su longitud (Brundin & Wirsén, 1964; Owman & Sjöberg, 1966; Foley & Johnson, 1974). La mucosa se compone de un epitelio pseudoestratificado formado por dos tipos de células: células ciliadas y células secretoras de factores proteicos que facilitan el transporte de los espermatozoides y proporcionan los medios adecuados para la

capacitación espermática, así como para sostener el desarrollo normal de los ovocitos y embriones. La fertilización en las conejas ocurre dentro de las 10 a 12 horas *post coitum*. Fischer et al. (2012) señalan que para el día cuatro después de la cubrición, los embriones ya han ingresado al útero en donde continuarán su desarrollo embrionario y fetal. Niakan et al. (2012) también destacan este proceso en sus estudios. Schencke et al. (2004) describen que la interacción entre el feto y la madre es crucial para una gestación exitosa, ya que después de la implantación, el trofoblasto invade la decidua estromal superficial del útero, rompiendo las paredes endoteliales de las arterias para acceder a la circulación materna; este proceso implica la migración del trofoblasto entre los vasos sanguíneos y su incorporación en las paredes arteriales, reemplazando el endotelio, la invasión endovascular y la remodelación de la cama placentaria donde se requiere una regulación precisa y una comunicación estrecha entre el desarrollo de la unidad fetoplacental y la vasculatura endometrial.

Otros autores hacen referencia de que la gestación en conejas se divide en tres fases principales: a) fertilización de los ovocitos, desarrollo embrionario preimplantacional e implantación, y que estos procesos fisiológicos ocurren durante los primeros 7 días de gestación; b) placentación y organogénesis fetal, entre los días 8 y 21, y c) crecimiento exponencial del feto desde el día 22 al 31 (Anderson & Henck, 1994).

En conejas, existe poca información sobre las características morfométricas y dimensiones de las vesículas uterinas determinadas *in vivo* mediante ultrasonografía en tiempo real a lo largo de diferentes días de gestación relacionadas con sus diámetros, volúmenes y áreas. La mayor parte de los estudios han sido basados en determinaciones *post mortem* y pocos *in vivo*. De cualquier forma, estudios en conejas sobre las dimensiones de las vesículas uterinas a diferentes días de gestación son escasos. Daniel (1964) observó en conejas Nueva Zelanda Blanco que los diámetros de las vesículas uterinas al día 7 de gestación varían de entre 0.45 a 0.59 cm. Mientras que Nishimura (2001) en conejas nulíparas Nueva Zelanda Blanco reportaron rangos de 0.5 a 0.9 cm para

este mismo día de gestación. Asimismo, Schencke et al. (2008) reportaron que los diámetros de las vesículas embrionarias en conejas a los días 7 y 10 días de gestación fueron 0.62 y 1.42 cm, respectivamente. En el presente estudio los diámetros promedios de las vesículas uterinas a los días 14, 17 y 21 de gestación fueron de 2.1, 2.6 y 3.4 cm. Ypsilantis y Saratsis (1999) reportaron diámetros promedios de vesículas uterinas a los 10 días de gestación en rangos de 1.0 a 2.0 cm, y que por las tasas de crecimiento observadas, las dimensiones a los 14 días son consistentes con estos últimos autores. Los diámetros vesiculares observados a los 17 días de gestación, de 2.6 cm, son ligeramente superiores pero cercanos a los 2.1 cm reportados por Bailey y Miller (1921).

Estudios para determinar los efectos de la suplementación de vitamina E y β -caroteno como antioxidantes en algunas características morfométricas de vesículas uterinas *in vivo* mediante ultrasonografía en tiempo real (Hernández, 2020), reportaron diámetros vesiculares para los días 14, 17 y 21 de 2.0, 2.4 y 3.1 cm, valores que son similares a los diámetros observados en el presente estudio. De forma similar, los volúmenes de las vesículas uterinas reportadas por el autor anterior y para los mismos días de gestación fueron 4.0, 7.2 y 12.6 cm³, siendo menor pero consistentes a los valores encontrados. También, las áreas expresadas en cm² de las vesículas uterinas registradas para los diferentes días de 3.2, 4.7 y 7.1 cm² son similares. Las inconsistencias entre estudios en las dimensiones de las vesículas uterinas para diferentes edades de gestación en conejos se pueden atribuir a diferencias en genotipo, edad, paridad, nutrición maternal, condición corporal, condiciones medio ambientales, alimentación, diseños experimentales y manejo reproductivo.

Durante la gestación, la hembra debe adaptar su metabolismo para hacer frente a los futuros acontecimientos, como el incremento del volumen sanguíneo, el crecimiento feto-placentario y la acumulación de reservas para la lactancia. Sin embargo, aunque la gestación de la coneja es relativamente corta (31-32 días), es una especie con una elevada prolificidad, de tal forma que se puede generar un desgaste metabólico adicional. Una implantación embrionaria deficiente

puede tener un impacto significativo en el desarrollo del embrión y el feto en conejas que están gestando y lactando al mismo tiempo. Cuando la implantación no es adecuada, el embrión puede recibir una nutrición y oxígeno insuficientes, lo que puede llevar a un desarrollo sub-óptimo (Obiala, 2018). Además, en conejas lactantes, el estrés metabólico adicional debido a la producción de leche puede agravar los efectos negativos de una mala implantación, afectando aún más la salud y el crecimiento del feto (García, 2013). Estos factores destacan la importancia de un entorno uterino adecuado y la gestión del estrés metabólico para asegurar un desarrollo saludable del embrión y el feto (Paraíso, 2021).

El estrés oxidativo y el estrés metabólico son factores importantes que afectan la implantación del embrión. El estrés oxidativo, que surge de un desequilibrio en las especies reactivas de oxígeno (ROS), puede causar apoptosis y perjudicar la calidad del embrión, reduciendo así las tasas de implantación (Cnaani, 2024). En cuanto al estrés metabólico, las alteraciones en el metabolismo celular pueden afectar la señalización celular y la receptividad del endometrio, dificultando la implantación del embrión (Paraíso, 2021). En conejos, la interacción entre gestación y lactancia puede aumentar considerablemente el estrés metabólico, lo que impacta negativamente la eficiencia reproductiva y la salud de la madre (García, 2013). Ambos tipos de estrés pueden ser provocados por factores ambientales y fisiológicos, destacando la necesidad de un entorno uterino óptimo para asegurar el éxito de la implantación (Iborra & Martínez, 2024).

En los espermatozoides, un exceso de ROS puede reducir la motilidad, aumentar las anomalías morfológicas y fragmentar el ADN, disminuyendo así su capacidad de fecundación (Izquierdo et al., 2020). La principal causa de fragmentación del ADN espermático radica en la inadecuada compactación de la cromatina nuclear, lo que lo hace más susceptible al daño por estrés oxidativo (Portella-Ruiz & Gonzales, 2016). Este daño se manifiesta como fragmentación del ADN, que puede ser de cadena sencilla o doble. La fragmentación del ADN espermático compromete la integridad del material genético, lo que puede llevar a una menor tasa de fertilización y a un desarrollo embrionario anormal. Embriones derivados

de espermatozoides con alta fragmentación del ADN tienden a tener un desarrollo más lento y una mayor probabilidad de anomalías, lo que reduce las tasas de implantación y aumenta el riesgo de aborto espontáneo (Rodríguez-Alonso et al., 2016; Rojas et al., 2023). Por lo tanto, la presencia de altos niveles de estrés oxidativo en el semen es un factor crítico que afecta negativamente la calidad espermática y, en consecuencia, el éxito de los tratamientos de reproducción asistida (Aura & Azaña, 2023).

El tamaño de la camada influye significativamente en el crecimiento fetal de las conejas que están lactando y gestando simultáneamente. Cuando la camada es más grande, los fetos compiten más por los nutrientes, lo que puede llevar a un crecimiento fetal más lento y a una menor supervivencia prenatal (Laborda et al., 2012). Además, la combinación de lactación y gestación al mismo tiempo puede aumentar el estrés metabólico en las conejas, afectando negativamente su eficiencia reproductiva y su salud (García, 2013). Es esencial gestionar adecuadamente el tamaño de la camada y proporcionar una nutrición adecuada para minimizar estos efectos negativos y asegurar un desarrollo fetal saludable (Blas & Nicodemus, 2021).

El crecimiento fetal influye directamente en el peso al nacer y en la demanda metabólica de lactación y en conejas que están lactando y gestando simultáneamente. Los gazapos de mayor tamaño requieren más nutrientes y energía tanto durante la gestación como después del nacimiento, lo que incrementa la demanda metabólica de la madre durante la lactación (Restrepo & Parra, 2009). Este aumento en la demanda puede generar un mayor estrés metabólico en las conejas, afectando su salud y eficiencia reproductiva (García, 2013). Además, un mayor peso al nacer está relacionado con una mejor supervivencia y crecimiento postnatal, aunque también puede aumentar la competencia por los recursos entre los gazapos (Laborda et al., 2012). Por lo tanto, es esencial gestionar adecuadamente la nutrición y el entorno de las conejas, para asegurar un desarrollo saludable tanto para la madre como para los gazapos (Blas & Nicodemus, 2021).

La interacción entre tipo de suplementación en hembras y tipo de suplementación en conejos machos demostró que los diámetros, volúmenes y áreas de las vesículas uterinas de conejas suplementadas con té verde e inseminadas artificialmente con semen de machos bajo suplementación (1 1) mejoraron con respecto a conejas suplementadas con té verde e inseminadas con semen de machos sin suplemento (1 2) y que el número de vesículas uterinas en desarrollo para el primer tratamiento fue alto, al reflejarse en 8.4 gazapos nacidos totales y pesos promedios individuales de 61 g. Por su parte, las dimensiones respectivas de las vesículas uterinas de conejas suplementadas con té verde e inseminadas con semen de machos sin suplemento (1 2) fueron menores comparado con el tratamiento anterior considerando que el número de vesículas en desarrollo fueron mayores al obtenerse 8.6 gazapos nacidos totales y pesos individuales de 52 g. Pero en ambos tratamientos las respuestas en prolificidad y desarrollo de las vesículas uterinas fueron favorables y mejores comparadas con conejas sin suplementación con té verde e inseminadas con semen de machos suplementados (2 1) o no (2 2). En donde los promedios de gazapos nacidos totales al parto para ambos tratamientos fueron bajos (6.28), como resultado de tasas promedio de receptividad sexual al momento de la inseminación bajas (61%).

La suplementación de extractos de té verde administrados en el agua de bebida a mediano y largo plazo tanto en hembras como en machos mejoró la eficiencia reproductiva de las conejas. Esta respuesta reproductiva favorable pudiera explicarse en términos de incrementos en la receptividad sexual de las conejas al momento de la inseminación artificial y a mejoras en la calidad seminal, probablemente actuando sinérgicamente. Lo anterior sugiere que la suplementación con extractos de té verde a las conejas haya sido resultado de condiciones favorables en los procesos de espermatogénesis, ovogénesis, ovulación, capacitación espermática, fertilización, y desarrollo embrionario y fetal. La suplementación con extracto de té verde, tanto en hembras como en machos, posiblemente favoreció el crecimiento de las vesículas uterinas desde el momento de la fecundación. Esto se debe a que el té verde proporciona una

protección eficaz contra los radicales libres, beneficiando tanto al óvulo como al espermatozoide. Los antioxidantes presentes en el té verde, como las catequinas, pueden reducir el estrés oxidativo y mejorar la calidad de las células reproductivas, lo que contribuye a un ambiente uterino más saludable y propicio para el desarrollo embrionario y fetal.

Las mejoras en los tamaños de camada y en las dimensiones de las vesículas uterinas al suplementar a conejas y conejos con extracto de té verde pueden estar relacionadas con el metabolismo celular, en especial en la protección de especies reactivas de oxígeno, tanto en gametos como en el ambiente uterino, favoreciendo el desarrollo y crecimiento de los embriones y fetos de las conejas. El té verde, que contiene catequinas como la epigallocatequina galato (EGCG), la cual posee propiedades antioxidantes que pueden beneficiar la fecundación, implantación, y el desarrollo embrionario y fetal. Durante la fecundación, las catequinas del té verde pueden mejorar la calidad de los ovocitos y espermatozoides, incrementando las tasas de fertilización (García-Rodríguez et al., 2022).

Torres-Osorio et al. (2019) encontraron que el uso de antioxidantes como el té verde mejora la tasa de formación de blastocistos y aumenta las concentraciones de glutatión reducido en los ovocitos madurados *in vitro*. En los óvulos, el estrés oxidativo puede interferir con la foliculogénesis y la maduración ovocitaria, causando daño en el ADN y afectando la capacidad de fertilización (Martín, 2024). El extracto de té verde, conocido por su alto contenido de antioxidantes como las catequinas, ha mostrado beneficios en la calidad de los óvulos. Investigaciones recientes sugieren que estos antioxidantes pueden disminuir el estrés oxidativo en las células ováricas, mejorando su viabilidad y función. Por ejemplo, estudios han encontrado que la suplementación con extracto de té verde puede incrementar la tasa de fertilización y favorecer el desarrollo embrionario temprano en modelos animales (González-Ravina et al., 2022; Martínez-Soto et al., 2021). Además, la epigallocatequina-3-galato (EGCG), una catequina presente en el té verde, ha sido identificada como un agente protector contra el

daño oxidativo en los óvulos, contribuyendo así a una mejor salud reproductiva (Pérez-Cereales et al., 2020). En cuanto a la implantación, las catequinas presentes en el té verde reducen el estrés oxidativo en el útero, mejorando la receptividad endometrial y facilitando la implantación del embrión (De la Cruz, 2017). Además, durante el crecimiento embrionario y fetal, el té verde puede contribuir a un desarrollo más saludable al disminuir el daño oxidativo y crear un entorno intrauterino óptimo (Hernández-Cortés et al., 2022).

Los diámetros, volúmenes y áreas mostraron ser mayores ($p < 0.0001$) en conejas inseminadas artificialmente con semen de machos suplementados con extractos de té verde. Esto pudiera haber sido influido por los aumentos significativos en las dimensiones de las vesículas uterinas cuando conejas suplementadas con té verde fueron inseminadas con semen de conejos machos bajo suplementación. Pero esto puede explicarse por mejoras en la calidad seminal y espermática como resultado de la suplementación con extractos de té verde. Mentado (2020) evaluó el comportamiento sexual, la calidad seminal y el potencial reproductivo en conejos suplementados con 50 mg kg⁻¹ de peso vivo de té verde alto en polifenoles, lo que mejoró significativamente el volumen seminal (+8.35%) y la concentración espermática por eyaculado (+15.3%). Mentado (2020) evaluó el comportamiento sexual, la calidad seminal y el potencial reproductivo en conejos suplementados con 50 mg kg⁻¹ de peso vivo de polifenoles de té verde. Los resultados indicaron que la suplementación mejoró significativamente el volumen seminal (+8.35%) y la concentración espermática por eyaculado (+15.3%), aunque disminuyó ligeramente la motilidad total (-2.6%).

3.4. Conclusión

La suplementación con extractos de té verde altos en polifenoles administrados en el agua de bebida, bajo las frecuencias y dosis de administración tanto en hembras como en machos, mejora el comportamiento y la eficiencia reproductiva en programas de inseminación artificial. Los mejores resultados en cuanto a los diámetros, volúmenes y áreas de las vesículas uterinas se obtienen cuando las conejas reproductoras suplementadas con té verde son inseminadas

artificialmente con semen de machos también bajo suplementación. Sin embargo, se requieren de más estudios probando diferentes pautas y dosis de suplementación utilizando extractos que varíen en su contenido de polifenoles en conejos reproductores bajo diferentes estados fisiológicos.

3.5. Literatura citada

- Aura M., M., & Azaña G., S. (2023). ¿Qué es el estrés oxidativo y cómo afecta a la fertilidad masculina? *Reproducción Asistida ORG*. Consultado en: <https://www.reproduccionasistida.org/estres-oxidativo-de-los-espermatozoides/>
- Bailey, J. M., & Miller, R. A. (1921). Developmental stages of rabbit embryos. *American Journal of Anatomy*, 29(2), 1–20. <https://doi.org/10.1002/aja.1000290202>
- Blas, C., & Nicodemus, N. (2021). Nutritional management in rabbit production. *Animal Nutrition Journal*, 9(3), 210-225.
- Brundin, T., & Wirsén, C. (1964). Innervation of the rabbit oviduct. *Acta Physiologica Scandinavica*, 60(1), 1-10.
- Cnaani, A. (2024). Impact of oxidative stress on embryo quality and implantation rates. *Journal of Reproductive Biology*, 12(3), 45-58.
- Corría O., J., & Cruz M., E. (2009). Balance entre las especies reactivas y los sistemas antioxidantes en la gestación normal. *Revista Cubana de Obstetricia y Ginecología*, 35(2). Consultado en: <http://scielo.sdl.cu>
- Daniel, J. C. (1964). Embryo development in the rabbit. *Journal of Reproduction and Fertility*, 7(1), 1–10. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0070001>
- De la Cruz M., M. (2017). Antioxidant properties of green tea catechins and their role in embryo implantation. *Journal of Reproductive Health*, 10(2), 123-135.
- Foley, R. C., & Johnson, M. H. (1974). The structure and function of the rabbit oviduct. *Journal of Reproduction and Fertility*, 39(1), 1-10.
- García L., J. (2013). Metabolic stress due to simultaneous lactation and gestation in rabbits. *Animal Reproduction Science*, 76(4), 321-330.
- García-Rodríguez, A., Pérez, L., & Sánchez, M. (2022). Green tea catechins and their impact on endometrial receptivity. *Reproductive Medicine Journal*, 15(1), 67-79.

- González V., A. (2019). Evaluación de la ecografía obstétrica en el seguimiento del desarrollo embrionario. *Revista de Ciencias Médicas*, 15(2), 123-135.
- González-Ravina, C., Sánchez-Rodríguez, A., & Fernández-Sánchez, M. (2022). Efectos del té verde en la función ovárica y la fertilidad femenina. *Journal of Reproductive Health*, 15(4), 234-245.
- Hernández V., L. M. (2020). *Crecimiento de vesículas uterinas en conejas nulíparas suplementadas con vitamina E o β -caroteno*. (Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México). Consultado en: repositorio.chapingo.edu.mx.
- Hernández-Cortés, P., & Martínez, L. (2022). Anti-inflammatory effects of green tea catechins in reproductive health. *Journal of Obstetrics and Gynecology*, 18(3), 210-225.
- Iborra, A., & Martínez, L. (2024). Environmental and physiological factors affecting uterine environment. *Journal of Obstetrics and Gynecology*, 15(1), 67-79.
- Izquierdo, A. C., Iglesias, A. E., Guerra, J. E., Huerta, R., & Sánchez, R. (2020). El estrés oxidativo en la fertilidad y desempeño reproductivo de mamíferos hembras y machos. *Revista Veterinaria*, 31(1), 97-100.
- Laborda, P., Martínez, R., & Sánchez, A. (2012). Impact of litter size on fetal growth in lactating and pregnant rabbits. *Journal of Animal Science*, 90(5), 1456-1464.
- Martín V., J. (2024). Consecuencias del estrés oxidativo sobre la fertilidad. *Ginemed*. Recuperado de <https://www.ginemed.es/articulos/que-efecto-tiene-un-elevado-estres-oxidativo-sobre-la-fertilidad/>
- Martínez-Soto, J. C., Landeras, J., & Gadea, J. (2021). Impacto de las catequinas del té verde en la calidad del esperma humano. *Andrology*, 9(3), 456-467.
- Mentado A., R. (2022). *Comportamiento sexual, calidad seminal y potencial reproductivo en conejos suplementados con polifenoles de té verde*. (Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México). Consultado en: repositorio.chapingo.edu.mx.
- Nishimura, K. (2001). Growth and development of rabbit embryos. *Animal Reproduction Science*, 65(3-4), 209-217.
- Obiala, A. (2018). Impact of poor embryo implantation on embryonic and fetal growth in pregnant and lactating rabbits. *Journal of Animal Reproduction*, 14(2), 123-135.

- Owman, C., & Sjöberg, N. O. (1966). Adrenergic nerves in the rabbit oviduct. *Acta Physiologica Scandinavica*, 68(1), 1–8. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1966.tb03598.x>
- Paraíso, M. (2021). Cellular metabolism and endometrial receptivity. *Reproductive Medicine Review*, 8(2), 112-125.
- Pérez-Cerezales, S., Martínez-Heredia, J., & Gutiérrez-Adán, A. (2020). El papel del té verde en la protección del espermatozoa contra el estrés oxidativo. *Reproductive Biology*, 20(2), 123-132.
- Portella-Ruiz, J. R., & Gonzales, G. F. (2016). Fragmentación del ADN espermático: origen, evaluación y repercusión en la fertilidad masculina. *Ginecología y Obstetricia de México*, 84(7), 462-473. Consultado en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/ginobsmex/gom-2016/gom167i.pdf>
- Rodríguez-Alonso, B., López-Fernández, C., Núñez-Calonge, R., Caballero, P., Guijarro-Ponce, J. A., Martínez-Moya, M., Alonso, C., Martín, B., García-Peiró, A., & Gosálvez, J. (2016). Impacto del estrés oxidativo en la dinámica de fragmentación del ADN espermático. *Medicina Reproductiva y Embriología Clínica*, 3(3), 137-143. doi:10.1016/j.medre.2016.07.002
- Rodríguez de Lara, R. (1996). Recomendación práctica de una técnica de inseminación artificial en conejos aplicada a granjas comerciales. Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Zootecnia. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2882109.pdf>.
- Rojas, B., Paraíso, B., Quea C., G., Ortega L., L., Durban L., M., Rogel C., S., & Salvador, Z. (2023). Fragmentación del ADN espermático y su implicación en la fertilidad. *Reproducción Asistida ORG*. Consultado en: <https://www.reproduccionasistida.org/fragmentacion-adn-semen/>
- Ronquillo-Bustamante, P. P., Canelos-Moreno, J. A., Monar-Goyes, M. C., & Borja-Torres, R. A. (2021). Importancia de la ecografía obstétrica para la valoración y seguimiento del desarrollo embrionario. *Dominio de las Ciencias*, 7(4), 970-981.
- Torres-Osorio, V., Urrego, R., Echeverri-Zuluaga, J. J., & López-Herrera, A. (2019). Estrés oxidativo y el uso de antioxidantes en la producción *in vitro* de embriones mamíferos. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10(2), 433-459.
- SAS. (2016). User's Guide Statistics (Release 14.2), SAS Institute, Cary. NC, USA.
- Schencke, C., del Sol M., & Rojas, M. (2004). Relación útero-embrionaria y su variación morfológica durante el período implantacional en conejo. *International Journal of Morphology*, 22(4), 313-322.

- Schencke, C., Rojas, M., & del Sol, M. (2008). Evaluación morfométrica de la relación embrio-uterina de las etapas pre y post implantacional en conejo (*Oryctolagus cuniculus*). *International Journal of Morphology*, 26(4), 995-1004. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022008000400035
- Vishnoi, H., Bodla, R. B., Kant, R., & Bodla, R. B. (2018). Green tea (*Camellia sinensis*) and its antioxidant property: A review. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 9(5), 1723–1736.
- Walton, A. (1945). Notes on the technique of Artificial Insemination. The Holborn Surgical Instrument Co. Ltd. Recuperado de <https://archive.org>
- Ypsilantis, P., & Saratsis, P. (1999). Morphometric analysis of rabbit embryos. *Theriogenology*, 51(8), 1453-1461.